

地上写真による鳥海山南東斜面の雪溪の長期変動観測 (1979～2015年)

**Long-term monitoring of snow patches on southeast-facing slope
of Mt. Chokai by terrestrial photogrammetry from 1979 to 2015**



防災科学技術研究所研究資料

- 第 332 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 25(平成 20 年 No. 1) (CD-ROM 版)．2009 年 3 月発行
- 第 333 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 26(平成 20 年 No. 2) (CD-ROM 版)．2009 年 3 月発行
- 第 334 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 地盤基礎実験 - 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 62pp. 2009 年 10 月発行
- 第 335 号 地すべり地形分布図 第 43 集「函館」14 葉(5 万分の 1)．2009 年 12 月発行
- 第 336 号 全国地震動予測地図作成手法の検討(7 分冊＋ CD-ROM 版)．2009 年 11 月発行
- 第 337 号 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討(付録 DVD)．2009 年 12 月発行
- 第 338 号 地すべり地形分布図 第 44 集「室蘭・久遠」21 葉(5 万分の 1)．2010 年 3 月発行
- 第 339 号 地すべり地形分布図 第 45 集「岩内」14 葉(5 万分の 1)．2010 年 3 月発行
- 第 340 号 新庄における気象と降積雪の観測(2008/09 年冬期) 33pp. 2010 年 3 月発行
- 第 341 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 27(平成 21 年 No. 1) (CD-ROM 版)．2010 年 3 月発行
- 第 342 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 28(平成 21 年 No. 2) (CD-ROM 版)．2010 年 3 月発行
- 第 343 号 阿寺断層系における深層ボーリング調査の概要と岩石物性試験結果(付録 CD-ROM) 15pp. 2010 年 3 月発行
- 第 344 号 地すべり地形分布図 第 46 集「札幌・苫小牧」19 葉(5 万分の 1)．2010 年 7 月発行
- 第 345 号 地すべり地形分布図 第 47 集「夕張岳」16 葉(5 万分の 1)．2010 年 8 月発行
- 第 346 号 長岡における積雪観測資料(31) (2006/07, 2007/08, 2008/09 冬期)47pp. 2010 年 9 月発行
- 第 347 号 地すべり地形分布図 第 48 集「羽幌・留萌」17 葉(5 万分の 1)．2010 年 11 月発行
- 第 348 号 平成 18 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクト実大 3 層 RC 建物実験報告書(付録 DVD) 68pp. 2010 年 8 月発行
- 第 349 号 防災科学技術研究所による深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果(足尾・新宮・牛伏寺) (付録 CD-ROM) 12pp. 2010 年 8 月発行
- 第 350 号 アジア防災科学技術情報基盤(DRH-Asia) コンテンツ集 266pp. 2010 年 12 月発行
- 第 351 号 新庄における気象と降積雪の観測(2009/10 年冬期) 31pp. 2010 年 12 月発行
- 第 352 号 平成 18 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 木造建物実験 - 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 120pp. 2011 年 1 月発行
- 第 353 号 地形・地盤分類および常時微動の H/V スペクトル比を用いた地震動のスペクトル増幅率の推定 242pp. 2011 年 1 月発行
- 第 354 号 地震動予測地図作成ツールの開発(付録 DVD) 155pp. 2011 年 5 月発行
- 第 355 号 ARTS により計測した浅間山の火口内温度分布(2007 年 4 月から 2010 年 3 月) 28pp. 2011 年 1 月発行
- 第 356 号 長岡における積雪観測資料(32) (2009/10 冬期) 29pp. 2011 年 2 月発行
- 第 357 号 浅間山鬼押出火山観測井コア試料の岩相と層序(付録 DVD) 32pp. 2011 年 2 月発行
- 第 358 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 29(平成 22 年 No. 1) (CD-ROM 版)．2011 年 2 月発行
- 第 359 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 30(平成 22 年 No. 2) (CD-ROM 版)．2011 年 2 月発行
- 第 360 号 K-NET・KiK-net 強震データ(1996－2010) (DVD 版 6 枚組)．2011 年 3 月発行
- 第 361 号 統合化地下構造データベースの構築 <地下構造データベース構築ワーキンググループ報告書> 平成 23 年 3 月 238pp. 2011 年 3 月発行
- 第 362 号 地すべり地形分布図 第 49 集「旭川」16 葉(5 万分の 1)．2011 年 11 月発行
- 第 363 号 長岡における積雪観測資料(33) (2010/11 冬期) 29pp. 2012 年 2 月発行
- 第 364 号 新庄における気象と降積雪の観測(2010/11 年冬期) 45pp. 2012 年 2 月発行
- 第 365 号 地すべり地形分布図 第 50 集「名寄」16 葉(5 万分の 1)．2012 年 3 月発行
- 第 366 号 浅間山高峰火山観測井コア試料の岩相と層序(付録 CD-ROM) 30pp. 2012 年 2 月発行
- 第 367 号 防災科学技術研究所による関東・東海地域における水圧破碎井の孔井検層データ 29pp. 2012 年 3 月発行
- 第 368 号 台風災害被害データの比較について(1951 年～2008 年, 都道府県別資料) (付録 CD-ROM) 19pp. 2012 年 5 月発行
- 第 369 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-5 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 - 実在の技術基準で設計した RC 橋脚の耐震性に関する震動台実験及びその解析 - (付録 DVD) 64pp. 2012 年 10 月発行
- 第 370 号 強震動評価のための千葉県・茨城県における浅部・深部地盤統合モデルの検討(付録 CD-ROM) 410pp. 2013 年 3 月発行
- 第 371 号 野島断層における深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果(平林・岩屋・甲山) (付録 CD-ROM) 27pp. 2012 年 12 月発行
- 第 372 号 長岡における積雪観測資料(34) (2011/12 冬期) 31pp. 2012 年 11 月発行
- 第 373 号 阿蘇山一の宮および白水火山観測井コア試料の岩相記載(付録 CD-ROM) 48pp. 2013 年 2 月発行

防災科学技術研究所研究資料

- 第 374 号 霧島山万膳および夷守台火山観測井コア試料の岩相記載(付録 CD-ROM) 50pp. 2013 年 3 月発行
- 第 375 号 新庄における気象と降積雪の観測(2011/12 年冬期) 49pp. 2013 年 2 月発行
- 第 376 号 地すべり地形分布図 第 51 集「天塩・枝幸・稚内」20 葉(5 万分の 1)．2013 年 3 月発行
- 第 377 号 地すべり地形分布図 第 52 集「北見・紋別」25 葉(5 万分の 1)．2013 年 3 月発行
- 第 378 号 地すべり地形分布図 第 53 集「帯広」16 葉(5 万分の 1)．2013 年 3 月発行
- 第 379 号 東日本大震災を踏まえた地震ハザード評価の改良に向けた検討 349pp. 2012 年 12 月発行
- 第 380 号 日本の火山ハザードマップ集 第 2 版(付録 DVD) 186pp. 2013 年 7 月発行
- 第 381 号 長岡における積雪観測資料(35) (2012/13 冬期) 30pp. 2013 年 11 月発行
- 第 382 号 地すべり地形分布図 第 54 集「浦河・広尾」18 葉(5 万分の 1)．2014 年 2 月発行
- 第 383 号 地すべり地形分布図 第 55 集「斜里・知床岬」23 葉(5 万分の 1)．2014 年 2 月発行
- 第 384 号 地すべり地形分布図 第 56 集「釧路・根室」16 葉(5 万分の 1)．2014 年 2 月発行
- 第 385 号 東京都市圏における水害統計データの整備(付録 DVD) 6pp. 2014 年 2 月発行
- 第 386 号 The AITCC User Guide –An Automatic Algorithm for the Identification and Tracking of Convective Cells– 33pp. 2014 年 3 月発行
- 第 387 号 新庄における気象と降積雪の観測(2012/13 年冬期) 47pp. 2014 年 2 月発行
- 第 388 号 地すべり地形分布図 第 57 集「沖縄県域諸島」25 葉(5 万分の 1)．2014 年 3 月発行
- 第 389 号 長岡における積雪観測資料(36) (2013/14 冬期) 22pp. 2014 年 12 月発行
- 第 390 号 新庄における気象と降積雪の観測(2013/14 年冬期) 47pp. 2015 年 2 月発行
- 第 391 号 大規模空間吊り天井の脱落被害メカニズム解明のための Eーディフェンス加振実験 報告書 ー大規模空間吊り天井の脱落被害再現実験および耐震吊り天井の耐震余裕度検証実験ー 193pp. 2015 年 2 月発行
- 第 392 号 地すべり地形分布図 第 58 集「鹿児島県域諸島」27 葉(5 万分の 1)．2015 年 3 月発行
- 第 393 号 地すべり地形分布図 第 59 集「伊豆諸島および小笠原諸島」10 葉(5 万分の 1)．2015 年 3 月発行
- 第 394 号 地すべり地形分布図 第 60 集「関東中央部」15 葉(5 万分の 1)．2015 年 3 月発行
- 第 395 号 水害統計全国版データベースの整備．2015 年発行予定
- 第 396 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における災害情報の利活用に関するヒアリング調査 58pp. 2015 年 7 月発行
- 第 397 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震) における建物被害に関する情報収集調査速報 16pp. 2015 年 9 月発行
- 第 398 号 長岡における積雪観測資料(37) (2014/15 冬期) 29pp. 2015 年 11 月発行
- 第 399 号 東日本大震災を踏まえた地震動ハザード評価の改良(付録 DVD) 253pp. 2015 年 12 月発行
- 第 400 号 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討(付録 DVD) 216pp. 2015 年 12 月発行
- 第 401 号 全国自治体の防災情報システム整備状況 47pp. 2015 年 12 月発行
- 第 402 号 新庄における気象と降積雪の観測(2014/15 年冬期) 47pp. 2016 年 2 月発行

－編集委員会－		防災科学技術研究所研究資料 第 403 号
(委員長)	下川 信也	平成 28 年 2 月 26 日 発行
(委 員)		
森川 信之	木村 尚紀	編集兼 国立研究開発法人
平島 寛行	佐々木智大	発行者 防 災 科 学 技 術 研 究 所
三好 康夫		〒 305-0006
(事務局)		茨城県つくば市天王台 3－1
白田裕一郎	横山 敏秋	電話 (029)863-7635
		http://www.bosai.go.jp/
(編集・校正)	樋山 信子	印刷所 前 田 印 刷 株 式 会 社
		茨 城 県 つ く ば 市 山 中 152-4

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention 2016

※防災科学技術研究所の刊行物については、ホームページ (<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/>) をご覧下さい。

地上写真による鳥海山南東斜面の雪渓の長期変動観測(1979 ～ 2015 年)

阿部 修*

Long-term monitoring of snow patches on southeast-facing slope of Mt. Chokai by terrestrial photogrammetry from 1979 to 2015

Osamu ABE

** Shinjo Cryospheric Environment Laboratory, Snow and Ice Research Center,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), Japan
oabe@bosai.go.jp*

Abstract

The results of long-term monitoring of snow patches on the southeast-facing slope of Mt. Chokai using terrestrial photogrammetry are presented here for the years 1979 to 2015. Mt. Chokai (2236 m a.s.l.) is a volcano located along the coast of the Sea of Japan on northern Honshu Island, Japan. Monochrome photographs of the snow patches that typically remain on the mountain slopes until the beginning of winter were captured from the Shinjo Cryospheric Environment Laboratory, Snow and Ice Research Center, NIED using a telephoto lens (f302.7 mm). The distance between Mt. Chokai and the site at which the images were captured was 41.25 km. A total of 236 images were digitally scanned at a resolution of 3200 dpi and a depth of 16 bits, and the area of snow cover for 85 of these images were carefully binarized. The visible proportion of snow cover was defined as the area of visible snow cover divided by the total visible area above 1000 m a.s.l. Seasonal changes in the visible proportion of snow cover from spring to autumn were obtained for the years of 1983 and 1999, and two values of the visible proportion of snow cover in spring and autumn were observed in other years. No data were obtained for the autumns of 1986, 1988 and 1991, spring of 2003, and autumn and spring of 1992. Although the largest snow patch - 'Omata' on the southeast-facing slope of Mt. Chokai - did not disappear in any of the autumn seasons, the second largest snow patch - 'Kaigata' - occasionally disappeared. The 'Omata' snow patch was largest in the autumn of 1996, and smallest in the autumn of 2002.

Keywords: Snow patch, Long term monitoring, Mt. Chokai

1. はじめに

山形県と秋田県の県境にある鳥海山は日本海から直立する活火山で標高は 2,236 m である。このため、冬期の季節風による強風・多雪の環境に晒され多くの雪渓が存在する。雪渓は吹き溜まり型、雪崩型およびその混合型に分類され、吹き溜まり型は尾根の風下に、雪崩型は谷部に形成される(樋口, 1968)。最近では、我が国の雪渓の越年性や流動性が確認され、氷河と分類されるという報告もある(福井・飯

田, 2012)。また、雪渓は昔から農耕時期の指標となる雪形としても親しまれてきた(田淵, 1981)。鳥海山では、庄内平野からの「種まき爺さん」、「スキーヤー」、最上地方からの「逆さ鶴と亀」が有名である。

雪渓の消長は毎年異なり、気候変動とも密接な関係があるとされてきた。鳥海山では、土屋(1976, 1977, 1978)により南西斜面にある「貝形」や「心字雪」の雪渓について詳細な調査が行われている。しかし、鳥海山の南東斜面で最大の「大股」雪渓について

* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄雪氷環境実験所

は、そのアプローチの困難さから、これまで継続的に調査された事例はなかった。一方、北東斜面では秋田雪の会により、「七ツ釜」東部雪溪の現地測量が1980年から実施されている(梶川ほか, 1990; 後藤ほか, 2012)。

雪氷防災研究センターでは1980年代後半の暖冬少雪傾向を受けて、山地積雪の観測を1989年に開始した(清水ほか, 1996; Nakamura *et al.*, 1996). しかし、それ以前の山地積雪に関するデータについては判断材料となるものがほとんど無かった.

本報告はこれに應えるために報告するものである。鳥海山の雪溪の消長をモニタリングすることはランドサット人工衛星の画像データが入手可能になったことを契機に中村ほか(1984)によって始められたが、ここではできるだけ長期間の変動を見るため、これらのデータも掲載する。

2. 摄影方法

2.1 撮影場所

山形県新庄市十日町 1400 の防災科学技術研究所
雪氷防災研究センター 新庄雪氷環境実験所構内
(北緯 38.790083°, 東経 140.311195°, 標高 127 m)
から撮影した。鳥海山山頂までの水平直線距離は
41.25 km である(図 1)。なお、1996 年以前は庁舎屋
上(地上高 10.2 m)、1997 年以降は雪氷防災実験棟
屋上(地上高 17.1 m)から撮影した。ここからは鳥海
山の南東斜面の雪渓がほぼ真正面から撮影できる。



図1 鳥海山と撮影地点(P, 国土地理院ホームページより)

Fig. 1 Locations of Mt. Chokai and the observation point (P).

2.2 攝影機材

鳥海山全体ができるだけくっきり見える日に撮影した。使用したカメラとフィルムは途中変更があったものの、レンズとフィルターは全て同一であった。

カメラ：ニコマート FTN およびニコマート FM2

レンズ：ニコン望遠レンズ f302.7 mm, F4.5 (撮影時は F5.6, F8)

フィルター：R60(約 600 nm 以上の波長を透過)

フィルム：富士フィルム製，ネオパン F(白黒 ISO 50)，2005 年 5 月 17 日以降はネオパン 100(白黒 ISO100)

3. 画像処理

3.1 フィルムの読み取り

フィルムは、全てエプソン製フィルムスキャナー GT-X820 により空間分解能 3,200 dpi、濃度分解能 16 bit で読み取った。空間分解能では 1 ピクセルが 8 μm に相当し、鳥海山山頂の位置での実寸法は約 1.1 m となる。ファイルは psd 形式と tif 形式で保存した。なお、歪曲収差の補正は行わなかった。

3.2 画像一次処理

撮影したフィルムから、雲に遮られることなく、画質が優れたものを読み取った(表1)。ただし、撮影条件が悪い7, 8月は、一部雲に覆われていても読み取った。全部で236枚であった。なお、1988年は5月3日の1日のみ、2003年は9月16日と11月4日の2日のみ、1992年は全く撮影しなかった。

撮影画像には鳥海山のぼぼ全景が写し込まれているが、撮影方向は毎回同じではない。そこで、次のようにして、撮影画像の傾きと対象領域を全て同一にするための基準画像を作成した。

地形データから山岳展望図を作成する機能をもつカシミール (Ver.9.2.6) を用いて撮影地点から見た鳥海山の輪郭図を作成し、この画像を水平方向の基準とした(図 2).

鳥海山の実際の輪郭を見るために代表的な写真として1999年9月3日に撮影した画像を用いた(図3)。これは、空の透明度が極めて良く、鳥海山の輪郭が明瞭であったためである。

Adobe Photoshop CS3 (Ver. 10.0.1) を用いて、(1) の画像に (2) の画像を重ね合わせ、両者が完全に一致することを確認し、(2) の画像を 2 値化し、基準画像とした。このとき、山体を白くしたものと、これ

を反転したものの2種類用意し、前者は春の画像に、
後者は秋の画像にそれぞれ使い分けた(図4)。

3.3 積雪領域の2値化

積雪領域を2値化する手順は次の通りである。

- (1) 基準画像の稜線に、それぞれの撮影画像の稜線を重ね合わせ、撮影画像の水平方向と位置を決定した。

- (2) 撮影画像を上下にほぼ二等分する標高1,570 mを境界に、それぞれの雪溪の領域が最も適切に表す輝度により2値化した。これは、納口(1995)が報告しているように、下方の領域については特に融雪時期の積雪深が小さく、無雪領域との境界が不鮮明になり、同一輝度にならないためである。それでも越年期の汚れた雪溪では境界

表1 フィルム読み取り一覧。ハッチ欄は春と秋の経年変化収録画像、下線欄は1983年と1999年の季節変化収録画像
Table 1 List of scanned images of Mt. Chokai; dyed and/or underlined dates indicate images used in this report.

年	撮 影 月 日														読取枚数	収録枚数
1979	5/24	6/1	7/7	7/20	8/14	8/29	9/20	11/1							8	2
1980	5/10	5/14	5/28	5/30	6/6	7/1	9/15	9/27	10/1	10/15	10/24	11/19	11/25	12/2	14	2
1981	3/24	5/2	5/15	5/22	6/24	7/30	9/8	9/21	9/29	11/2					10	2
1982	5/15	5/24	6/6	6/16	7/3	7/9	7/14	10/10	10/22	11/3	11/6				11	2
1983	4/18	5/4	5/10	5/23	5/24	5/30	6/3	6/8	6/15	7/12	8/5	9/29	10/8	11/4	14	11
1984	5/21	6/12	8/18	9/22	9/28	10/2	10/15	11/10							8	2
1985	5/10	5/16	5/17	5/28	6/18	8/9	8/14	8/31	10/19	10/20	10/26				11	2
1986	5/12	5/27	6/5	6/12	7/11										5	1
1987	5/15	5/21	6/11	6/15	6/17	6/18	9/22	10/23	11/9						9	2
1988	5/3														1	1
1989	4/7	5/10	5/16	7/31	10/9										5	2
1990	1/24	4/12	4/26	5/7	5/28	6/4	6/7	7/2	7/12	9/21	10/12	10/22			12	2
1991	4/23	5/7	5/24	8/28											4	1
1992															0	0
1993	4/21	6/2	6/29	7/6	8/26	8/31	9/27								7	2
1994	4/27	5/9	5/17	6/23	7/29	8/22	10/3	10/21							8	2
1995	6/18	7/28	8/18	9/21											4	2
1996	5/17	6/1	6/13	8/26	9/12	10/17									6	2
1997	5/12	7/1	7/8	10/19	10/22										5	2
1998	5/11	5/27	5/28	6/1	10/21										5	2
1999	4/22	5/2	5/8	5/11	5/14	5/31	7/30	8/6	9/3	9/24	10/1				11	10
2000	5/30	6/15	7/11	9/30	10/19										5	2
2001	5/13	7/28	9/5												3	2
2002	4/29	5/2	6/4	7/25	10/12										5	2
2003	9/16	11/4													2	1
2004	4/15	4/26	5/26	6/3	7/3	8/21	10/5	10/14							8	2
2005	5/11	5/17	5/26	9/9	10/5	10/12	10/26								7	2
2006	5/9	6/29	10/18												3	2
2007	4/12	6/19	6/25	7/9	8/25	10/18	10/24								7	2
2008	5/3	5/12	6/5	8/7	8/27	9/30									6	2
2009	4/18	6/12	10/23												3	2
2010	5/16	6/2	6/3	10/18											4	2
2011	5/18	6/16	8/5	9/30	10/19										5	2
2012	5/14	6/2	6/26	9/8	10/10										5	2
2013	6/13	9/30	10/19												3	2
2014	6/5	9/3	10/23												3	2
2015	4/23	5/11	5/22	6/1	6/8	7/7	7/17	9/17	10/16						9	2
合計															236	85

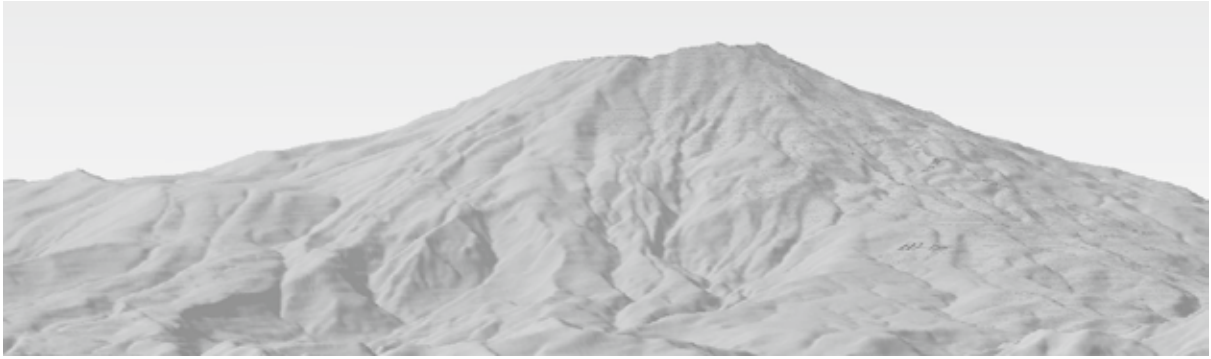


図 2 カシミールで作成した撮影地点から見た鳥海山の画像

Fig. 2 Topographical image of Mt. Chokai from the observation point, generated using the Kashmir software package.



図 3 1999 年 9 月 24 日に撮影した鳥海山の写真. A: 大股雪渓, B: 貝形雪渓.

Fig. 3 Photograph of Mt. Chokai taken from the observation point; A: 'Omata' snow patch, B: 'Kaigata' snow patch.

が不鮮明であったので、このような場合は元の画像を見ながら雪渓の範囲を判断した。

なお、Ide and Oguma (2013) では、デジタルカメラで撮影した画像から積雪領域とその他の領域がグレースケールで明瞭に分離できたが、今回用いた画像では明瞭ではなく、この方法は適用できなかった。

- (3) (2)の処理で、コントラストの悪い画像では、望遠レンズの周辺減光の効果が顕著に表れるので、同じレンズを用いて無地の白い背景を撮影した画像を反転させたものと重ね合わせて、周辺減光をできるだけ無くした画像を用いた。
- (4) 2 値化した画像では、細かなノイズが見られたので、フィルター機能を用いて、3 ピクセル以下のスポットを平滑化した。このため、鳥海山山頂での最終的な分解能は約 3.3 m となる。

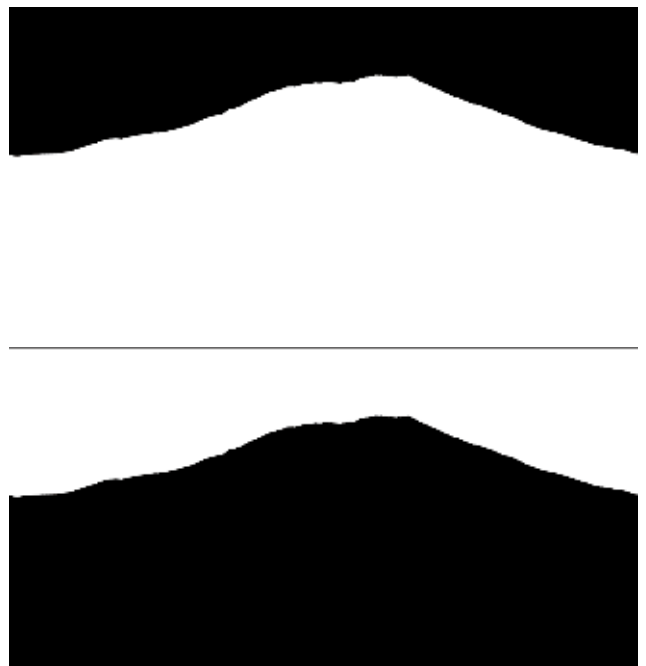


図 4 基準画像. 上：春季用, 下：秋季用

Fig. 4 Baseline images for spring (top) and autumn (bottom).

3.4 対象範囲の設定と積雪被覆率の算出

将来的には地形図上に積雪領域を投影し、その消長を見ることが望ましいが、ここでは予備解析として、上で2値化した鳥海山の画像から、見かけ上の山体の中央部分のみの標高 1,000 m 以上の領域を対象範囲とした(図 5)。これは基準画像に比べて撮影画像が一部欠落しているものがあるため、全ての撮影画像が含まれる範囲としたものである。

積雪被覆率は次式により求めた。すなわち、

$$\text{積雪被覆率} = \text{積雪被覆ピクセル数} / \text{山体全領域のピクセル数} \times 100 (\%) \quad (1)$$



図 5 鳥海山全景における積雪被覆率の対象範囲(中央の窓枠内の山体部分)

Fig. 5 Estimating area for the visible proportion of snow cover in the window.

4. 観測結果

4.1 季節変化

春から秋にかけての積雪領域の減少の季節変化を見るために、撮影枚数の多い 1983 年と 1999 年の積雪被覆率の推移を図 6 に示した。この根拠となる 2 値化画像を付図 1, 2 に示した。この両年は平地では前者は平年並み、後者は少雪で、新庄雪氷環境実験所での最大積雪深はそれぞれ 122 cm, 89 cm であった。

図 6 によれば、経過日数 120 日(4 月下旬)には 70～80% であった積雪被覆率が直線的に低下し、210 日(7 月下旬)でその勾配が緩やかになり、275 日(10 月初旬)には 1% 以下になることがわかる。これらの減少傾向は、Ide and Oguma (2013) の日本アルプスの山にも見られる。なお、1983 年の積雪被覆率が 130 日付近で一時的に上昇しているのは、山頂付近で降雪があったためである。鳥海山の初冠雪は例年 10 月初旬である。

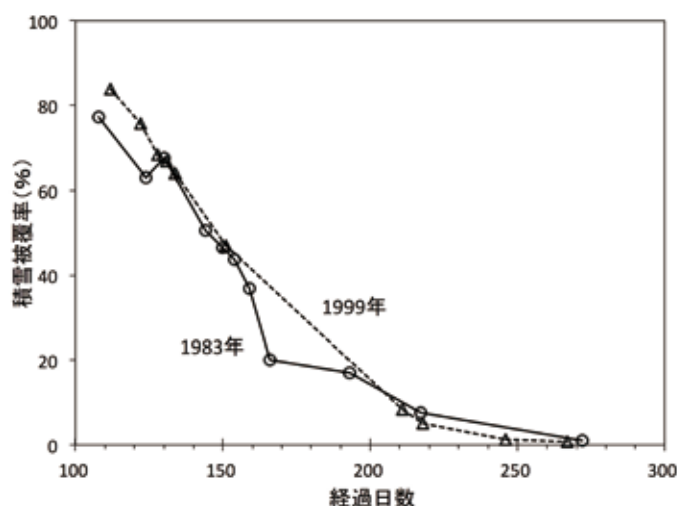


図 6 1983 年と 1999 年の積雪被覆率の季節変化。経過日数の初日は毎年 1 月 1 日。

Fig. 6 Seasonal changes in the visible proportion of snow cover in 1983 and 1999; origin of the x-axis is January 1.

4.2 経年変化

毎年、春と秋の 2 値化した画像を付図 3.1～3.36 に示した。前者は直前の冬季の積雪量、後者は越冬する積雪量を表す指標となり、それぞれ 5 月中旬、10 月初旬の画像を選んだが、その時期の画像がない場合はその前後の画像とした。ただし、1986 年、1988 年および 1991 年には秋の、2003 年には春の、1992 年には春、秋ともに画像がなく欠測となった。

表 2 は、対象範囲の積雪被覆率の経年変化である。また、これらのデータを 1979～1990 年、1991～2000 年、2001～2010 年、2011～2015 年と 4 分割して図 7 に示した。このうち、1986–2000 年は暖冬少雪傾向がつづいた時期と重複する。なお、図 7 では積雪被覆率を対数表示にしたが、これは、対数表示にすると本格的な融雪時期以降の積雪被覆率がほぼ直線的に変化するからである。

表 2 では撮影日がそれぞれ異なるので、同 1 日における積雪被覆率の比較が困難であるが、図 7 の春と秋のデータを直線で結んだものでは、それぞれの年における相対的な大小の比較が可能となる。これによれば、秋に積雪被覆率が最大となったのは図 7 (b) の 1996 年であり、最小となったのは同図 (c) の 2002 年であることがわかる。これらの年については、いずれも春の積雪被覆率の大小に影響されていると考えられる。

後藤ほか (2012) によれば、1980 年～2011 年の間

表 2 春と秋の積雪被覆率(%)の経年変化
 Table 2 Annual variations in the visible proportion of snow cover in spring and autumn.

年	春(月日)	秋(月日)
1979	64.77 (5/24)	0.92 (9/20)
1980	76.70 (5/14)	0.89 (10/1)
1981	72.00 (5/15)	2.61 (9/21)
1982	72.00 (5/24)	1.66 (10/10)
1983	67.67 (5/10)	0.97 (9/29)
1984	77.37 (5/21)	1.39 (10/15)
1985	66.45 (5/16)	0.73 (10/20)
1986	74.16 (5/12)	—
1987	55.40 (5/21)	0.58 (9/22)
1988	73.78 (5/3)	—
1989	67.41 (5/10)	0.37 (10/9)
1990	74.26 (5/7)	0.21 (10/12)
1991	69.31 (5/7)	—
1992	—	—
1993	67.39 (6/2)	2.29 (9/27)
1994	70.62 (5/17)	0.92 (10/21)
1995	36.23 (6/18)	0.44 (9/21)
1996	83.62 (5/17)	6.46 (9/12)
1997	69.18 (5/12)	1.02 (10/22)
1998	39.72 (5/11)	0.17 (10/21)
1999	63.95 (5/14)	0.73 (9/24)
2000	66.64 (5/30)	1.01 (10/19)
2001	63.36 (5/13)	1.46 (9/5)
2002	67.27 (5/2)	0.16 (10/12)
2003	—	1.71 (9/16)
2004	49.63 (5/26)	0.25 (10/5)
2005	65.88 (5/26)	0.16 (10/26)
2006	77.68 (5/9)	0.95 (10/18)
2007	34.51 (6/19)	0.23 (10/18)
2008	64.75 (5/12)	0.90 (9/30)
2009	37.43 (6/12)	0.27 (10/23)
2010	71.96 (5/16)	0.19 (10/18)
2011	67.98 (5/18)	0.27 (10/19)
2012	69.84 (5/14)	0.40 (10/10)
2013	58.71 (6/13)	1.22 (10/19)
2014	56.62 (6/5)	1.31 (10/23)
2015	61.72 (5/11)	0.76 (10/16)

で北東斜面にある七ツ釜南東部雪渓の最大、最小はそれぞれ 1996 年と 1998 年に記録されているので、最大年については一致していたが、最小年については異なっていた。

南東斜面で最大の大股雪渓(図 3 参照)が消失することはなかったが、2 番目に大きい貝形雪渓は時々消失していた。貝形雪渓の消失年は 1989 年、

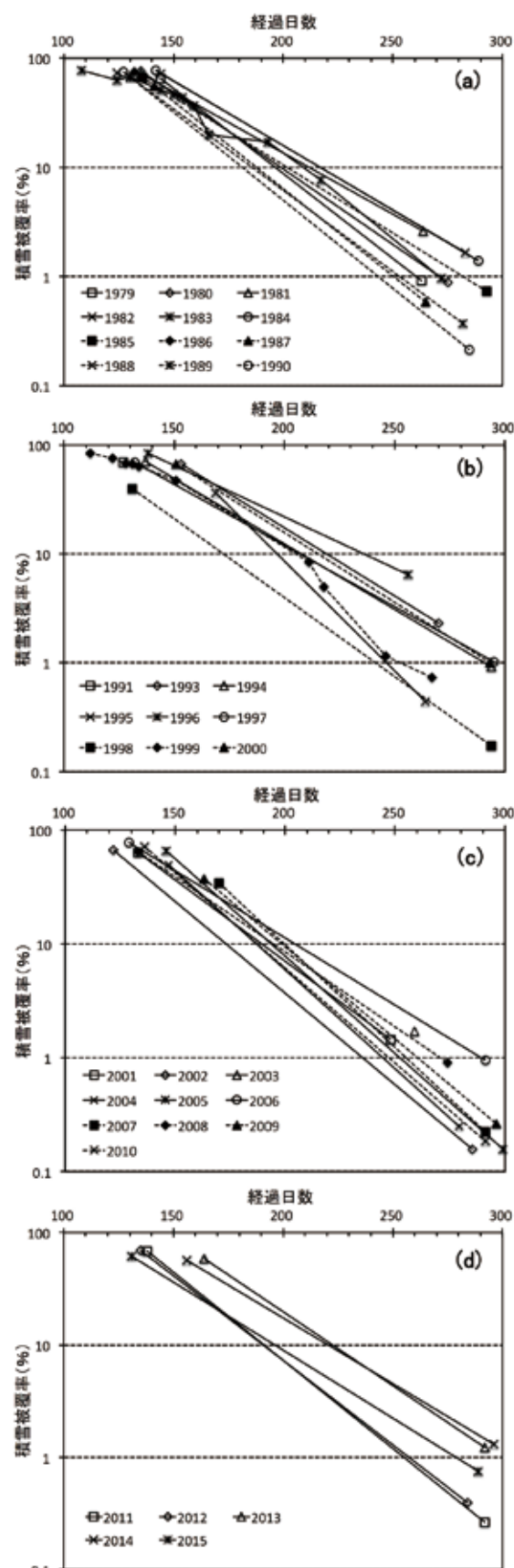


図 7 春と秋における積雪被覆率の経年変化
 a : 1979-1990 年, b : 1991-2000 年, c : 2001-2010 年, d : 2011-2015 年

Fig. 7 Annual variations in the visible proportion of snow cover; a: 1979-1990, b: 1991-2000, c: 2001-2010, d: 2011-2015.

1990年, 1995年, 1998年, 2002年, 2004年, 2005年, 2009～2012年であり, 少雪傾向が続いた1980年代後半から2000年までの期間に特に多いという傾向は見られなかった。これは, 前年の冬期の積雪量ばかりでなくその後の夏期の気象条件が大きく左右するためであろう。

4.3 その他の特記事項

積雪領域を画像解析から2値化する場合に, 雪溪表面の汚れのため, 時々雪溪の範囲を特定することが困難になる場合があった。図8に貝形雪溪の1999年9月24日と10月1日の拡大画像を比較した例を示す。9月24日の画像では直前の降雪により, 雪溪の形状が明瞭であるが, 10月1日の画像では表面の新雪層が融解したため雪溪の範囲が極めて不鮮明で, この1枚の画像処理では見分けが困難であることがわかる。土屋(1999)の著書にも, 現地撮影された, かなり汚れた貝形雪溪の写真が掲載されている。

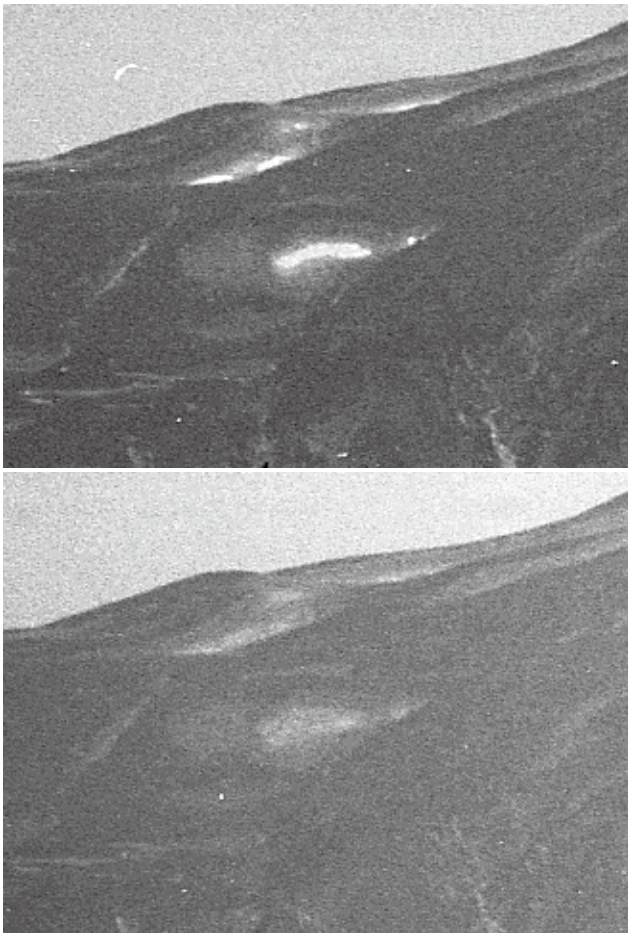


図8 貝形雪溪の画像(上: 1999年9月24日, 下: 同年10月1日)

Fig. 8 Images of the 'Kaigata' snow patch on September 24, 1999 (top), and on October 1, 1999 (bottom).

本報告で撮影時に用いたR60フィルターは, 大気中の塵の影響を減らすには適しているが, 被写体がぬれた雪面の場合は反射率が低下するので, 周囲との見分けがつきにくくなるものと思われる。今後, 多色による画像解析等を用いて確実に分離する必要がある。

5. おわりに

途中欠測が生じたが, 1979年から2015年までの積雪被覆率および雪溪の消長が把握できた。この間, 最大の大股雪溪が完全に消失することはなかったが, 2番目に大きな貝形雪溪は時々完全に消失した。このような観測は長期的な視野から継続することが望まれる。なお, 今回2値化した鳥海山の積雪領域の画像とその原データは雪氷防災研究センターのホームページ(<http://www.bosai.go.jp/seppyo/>)で公開する予定である。

謝辞

撮影地点から見た鳥海山の基準画像を作成するために, 地形データから山岳展望図を作成する機能をもつカシミール(Ver.9.2.6)を使用した。当実験所のアシスタントスタッフ多賀部裕美子さんと平向洋子さんには, 大量のフィルムを注意深くスキャンしていただくとともに, データ整理にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 後藤 博・梶川正弘・秋田雪の会雪溪観測グループ(2012): 鳥海山北東斜面における雪溪観測。東北の雪と生活, No.27, 63-68.
- 2) 樋口敬二(1968): 日本における雪溪の氷河学的研究。雪氷, 30-6, 195-207.
- 3) 福井幸太郎・飯田 肇(2012): 飛騨山脈, 立山・剣山域の3つの多年性雪溪の氷厚と流動－日本に現存する氷河の可能性について－。雪氷, 74-3, 213-222.
- 4) Ide, R. and Oguma, H (2013): A cost-effective monitoring method using digital time-lapse cameras for detecting temporal and spatial variations of snowmelt and vegetation phenology in alpine ecosystems. Ecological Informatics, 16, 25-34.
- 5) 梶川正弘・井岡利夫・大谷直樹・小野鉦二・鎌

- 田武美・軽部和夫・後藤博・斎藤巧・佐々木厚・佐々木忠治・佐藤正史・鈴木 弘・高橋直文・高橋洋二・武田英文(1990): 鳥海山北東斜面における雪渓規模の変動. 雪氷, **52-4**, 275-281.
- 6) 中村 勉・東浦将夫・阿部 修(1984): ランドサット映像写真から求めた鳥海山の残雪域変化. 防災科学技術研究所研究報告, No.**32**, 45-53.
- 7) Nakamura, H., Shimizu, M., Abe, O., Kimura, T., Nakawo, M., and Nakamura, T. (1996): A snow observation network for a mountainous area. in Snow Engineering, edited by M. Izumi, T. Nakamura and R. Sack, 539-541, A.A. Balkema, Rotterdam.
- 8) 納口恭明(1995): 積雪域と無積雪域の縞模様－雪線と雪形－. 寒地技術論文・報告集, No.**11**, 259-263.
- 9) 清水増治郎・中尾正義・木村忠志・高見晋一・飯田 肇・宮崎伸夫(1996): 積雪分布と気象観測資料(1)(1991.11～1992.7). 防災科学技術研究資料, No.**173**, 1-50.
- 10) 田淵行男(1981): 山の紋章・雪形. 371pp, 学習研究社.
- 11) 土屋 巖(1976): 飯豊山・月山・鳥海山の大量積雪および小規模氷河現象発生についての序報. 雪氷, **38-4**, 178-187.
- 12) 土屋 巖(1977): 鳥海山貝形小氷河の雪氷気候学的研究(1)－年々変動と年層構造. 雪氷, **39-2**, 65-76.
- 13) 土屋 巖(1978): 鳥海山貝形小氷河の雪氷気候学的研究(2)－形態測量と流動観測. 雪氷, **40-1**, 1-9.
- 14) 土屋 巖(1999): 日本の万年雪－月山・鳥海山の雪氷現象 1971～1998 に関連して－. 286pp, 古今書院.
- (2015年12月10日原稿受付, 2015年12月24日原稿受理)

要 旨

日本海から直立する鳥海山(標高2,236 m)は冬期の強風・多雪の環境に晒されるため, 多くの雪渓が存在し, その消長は地球温暖化との関連性を含めて, 多くの関心が寄せられてきた. ここでは1979～2015年に望遠レンズにより撮影した地上写真から, その変動をモニタリングした結果について述べる. 白黒フィルム画像はスキャナーにより空間分解能3,200 dpi, 濃度分解能16 bitで読み取り, 積雪領域を2値化して表示した. その後, 写真中央部の標高1,000 m以上の対象範囲に絞り, 特に春(5月中旬)と秋(9月下旬)における見かけ上の積雪被覆率を求めた. ただし, 途中, 1986年, 1988年および1991年には秋の, 2003年には春の, 1992年には春, 秋ともに欠測が生じた. 以上の結果, 秋に積雪被覆率が最大, 最小となった年はそれぞれ1996年と2002年であった. また, 南東斜面で最大の大股雪渓が秋に消失することはなかったが, 2番目に大きい貝形雪渓は時々消失していた.

キーワード: 雪渓, 長期変動観測, 鳥海山



付図 1.1 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年4月18日)

Fig. A1.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on April 18, 1983.



付図 1.2 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年5月4日)

Fig. A1.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 4, 1983.



付図 1.3 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年5月10日)

Fig. A1.3 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 10, 1983.



付図 1.4 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 5 月 24 日)

Fig. A1.4 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 24, 1983.



付図 1.5 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 5 月 30 日)

Fig. A1.5 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 30, 1983.



付図 1.6 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 6 月 3 日)

Fig. A1.6 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 3, 1983.



付図 1.7 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年6月8日)

Fig. A1.7 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 8, 1983.



付図 1.8 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年6月15日)

Fig. A1.8 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 15, 1983.



付図 1.9 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1983年7月12日)

Fig. A1.9 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on July 12, 1983.



付図 1.10 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 8 月 5 日)

Fig. A1.10 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on August 5, 1983.



付図 1.11 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 9 月 29 日)

Fig. A1.11 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 29, 1983.



付図 2.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 4 月 22 日)

Fig. A2.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on April 22, 1999.



付図 2.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 2 日)

Fig. A2.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 2, 1999.



付図 2.3 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 8 日)

Fig. A2.3 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 8, 1999.



付図 2.4 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 11 日)

Fig. A2.4 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 11, 1999.



付図 2.5 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 14 日)

Fig. A2.5 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 14, 1999.



付図 2.6 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 31 日)

Fig. A2.6 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 31, 1999.



付図 2.7 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 7 月 30 日)

Fig. A2.7 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on July 30, 1999.



付図 2.8 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 8 月 6 日)

Fig. A2.8 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on August 6, 1999.



付図 2.9 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 9 月 3 日)

Fig. A2.9 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 3, 1999.



付図 2.10 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 9 月 24 日)

Fig. A2.10 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 24, 1999.



付図 3.1.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1979 年 5 月 24 日)

Fig. A3.1.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 24, 1979.



付図 3.1.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1979 年 9 月 20 日)

Fig. A3.1.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 20, 1979.



付図 3.2.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1980 年 5 月 14 日)

Fig. A3.2.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 14, 1980.



付図 3.2.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1980 年 10 月 1 日)

Fig. A3.2.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 1, 1980.



付図 3.3.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1981 年 5 月 15 日)

Fig. A3.3.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 15, 1981.



付図 3.3.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1981 年 9 月 21 日)

Fig. A3.3.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 21, 1981.



付図 3.4.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1982 年 5 月 24 日)

Fig. A3.4.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 24, 1982.



付図 3.4.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1982 年 10 月 10 日)

Fig. A3.4.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 10, 1982.



付図 3.5.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 5 月 10 日)

Fig. A3.5.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 10, 1983.



付図 3.5.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1983 年 9 月 29 日)

Fig. A3.5.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 29, 1983.



付図 3.6.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1984 年 5 月 21 日)

Fig. A3.6.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 21, 1984.



付図 3.6.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1984 年 10 月 15 日)

Fig. A3.6.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 15, 1984.



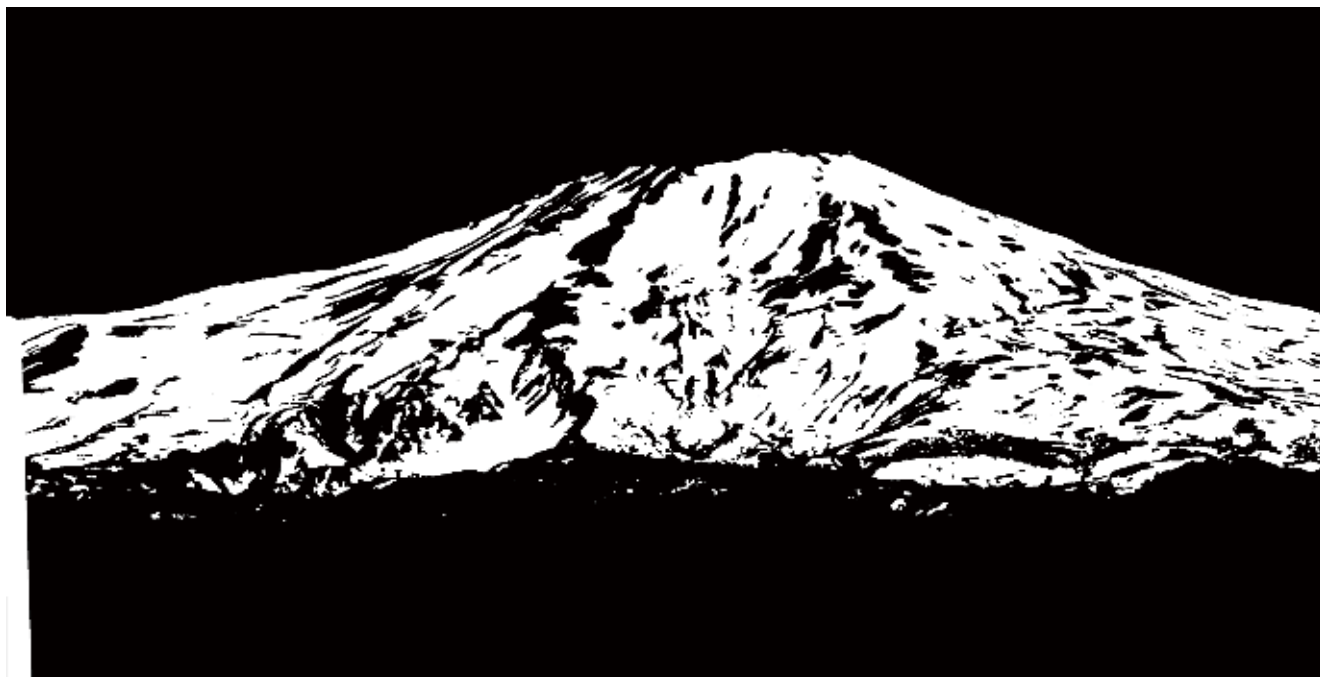
付図 3.7.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1985 年 5 月 16 日)

Fig. A3.7.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 16, 1985.



付図 3.7.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1985 年 10 月 20 日)

Fig. A3.7.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 20, 1985.



付図 3.8.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1986 年 5 月 12 日)

Fig. A3.8.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 12, 1986.



付図 3.9.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1987 年 5 月 21 日)

Fig. A3.9.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 21, 1987.



付図 3.9.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1987 年 9 月 22 日)

Fig. A3.9.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 22, 1987.



付図 3.10.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1988 年 5 月 3 日)

Fig. A3.10.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 3, 1988.



付図 3.11.1 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1989年5月10日)

Fig. A3.11.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 10, 1989.



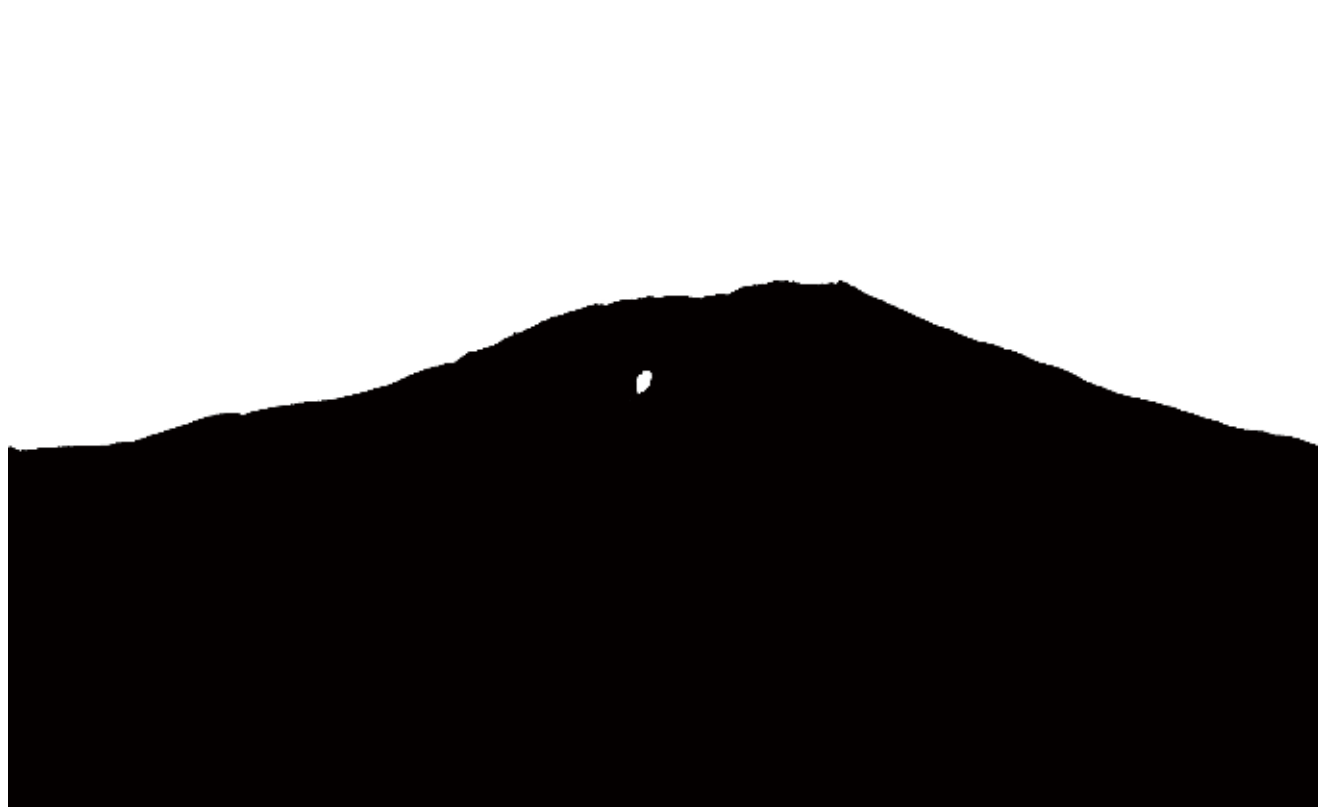
付図 3.11.2 鳥海山の積雪領域の2値化画像(1989年10月9日)

Fig. A3.11.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 9, 1989.



付図 3.12.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1990 年 5 月 7 日)

Fig. A3.12.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 7, 1990.



付図 3.12.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1990 年 10 月 12 日)

Fig. A3.12.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 12, 1990.



付図 3.13.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1991 年 5 月 7 日)

Fig. A3.13.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 7, 1991.



付図 3.14.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1993 年 6 月 2 日)

Fig. A3.14.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 2, 1993.



付図 3.14.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1993 年 9 月 27 日)

Fig. A3.14.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 27, 1993.



付図 3.15.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1994 年 5 月 17 日)

Fig. A3.15.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 17, 1994.



付図 3.15.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1994 年 10 月 21 日)

Fig. A3.15.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 21, 1994.



付図 3.16.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1995 年 6 月 18 日)

Fig. A3.16.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 18, 1995.



付図 3.16.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1995 年 9 月 21 日)

Fig. A3.16.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 21, 1995.



付図 3.17.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1996 年 5 月 17 日)

Fig. A3.17.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 17, 1996.



付図 3.17.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1996 年 9 月 12 日)

Fig. A3.17.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 12, 1996.



付図 3.18.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1997 年 5 月 12 日)

Fig. A3.18.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 12, 1997.



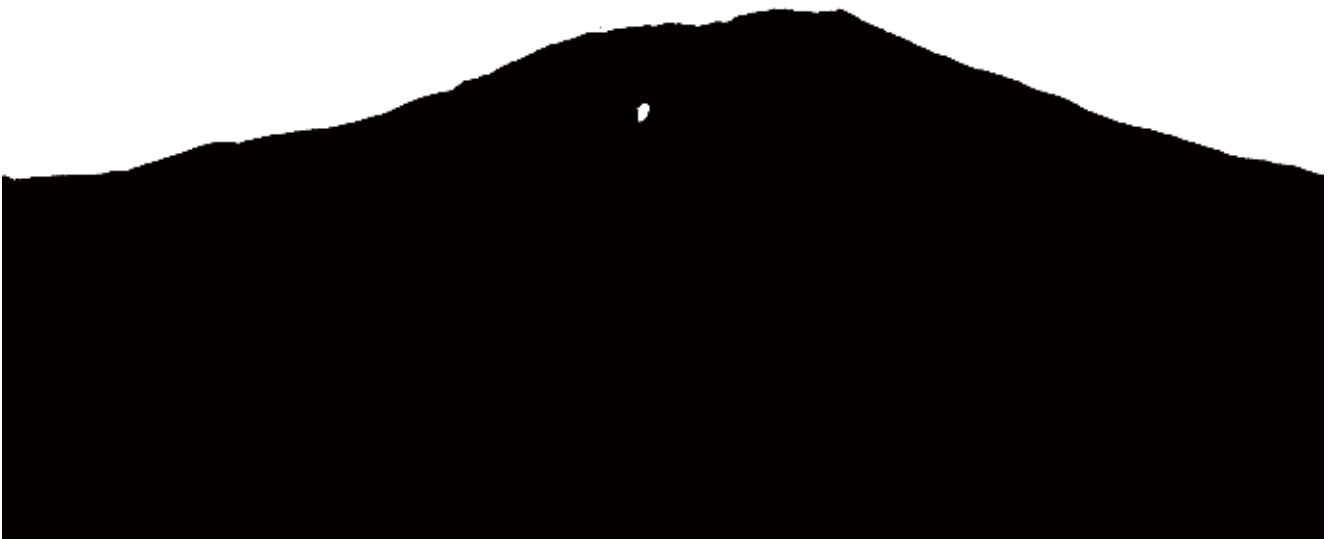
付図 3.18.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1997 年 10 月 22 日)

Fig. A3.18.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 22, 1997.



付図 3.19.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1998 年 5 月 11 日)

Fig. A3.19.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 11, 1998.



付図 3.19.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1998 年 10 月 21 日)

Fig. A3.19.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 21, 1998.



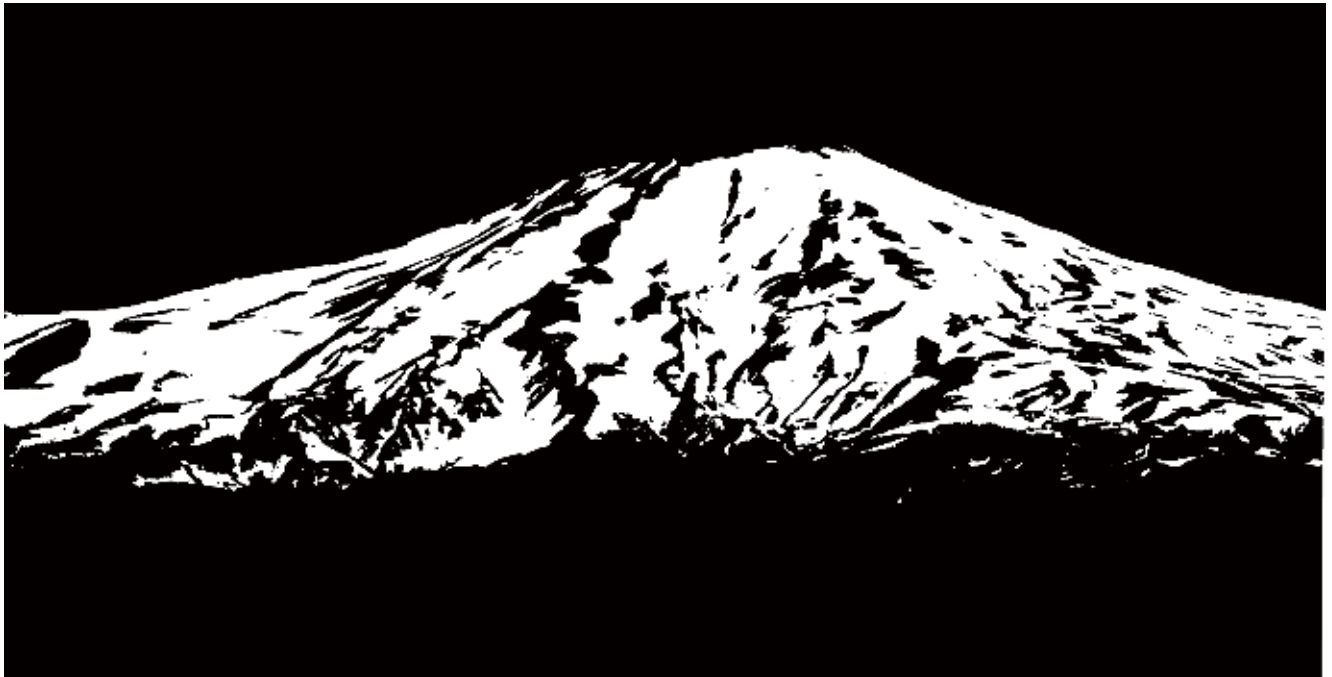
付図 3.20.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 5 月 14 日)

Fig. A3.20.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 14, 1999.



付図 3.20.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(1999 年 9 月 24 日)

Fig. A3.20.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 24, 1999.



付図 3.21.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2000 年 5 月 30 日)

Fig. A3.21.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 30, 2000.



付図 3.21.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2000 年 10 月 19 日)

Fig. A3.21.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 19, 2000.



付図 3.22.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2001 年 5 月 13 日)

Fig. A3.22.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 13, 2001.



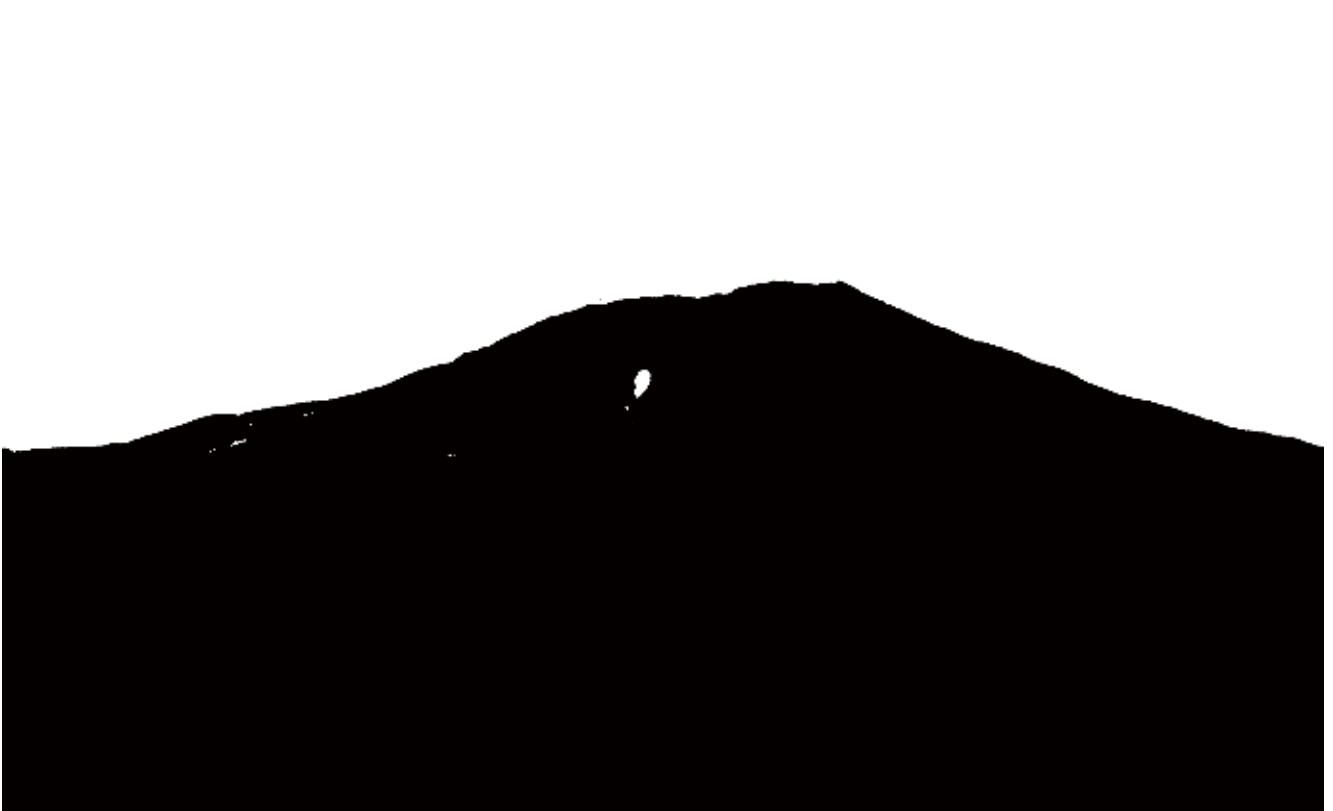
付図 3.22.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2001 年 9 月 5 日)

Fig. A3.22.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 5, 2001.



付図 3.23.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2002 年 5 月 2 日)

Fig. A3.23.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 2, 2002.



付図 3.23.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2002 年 10 月 12 日)

Fig. A3.23.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 12, 2002.



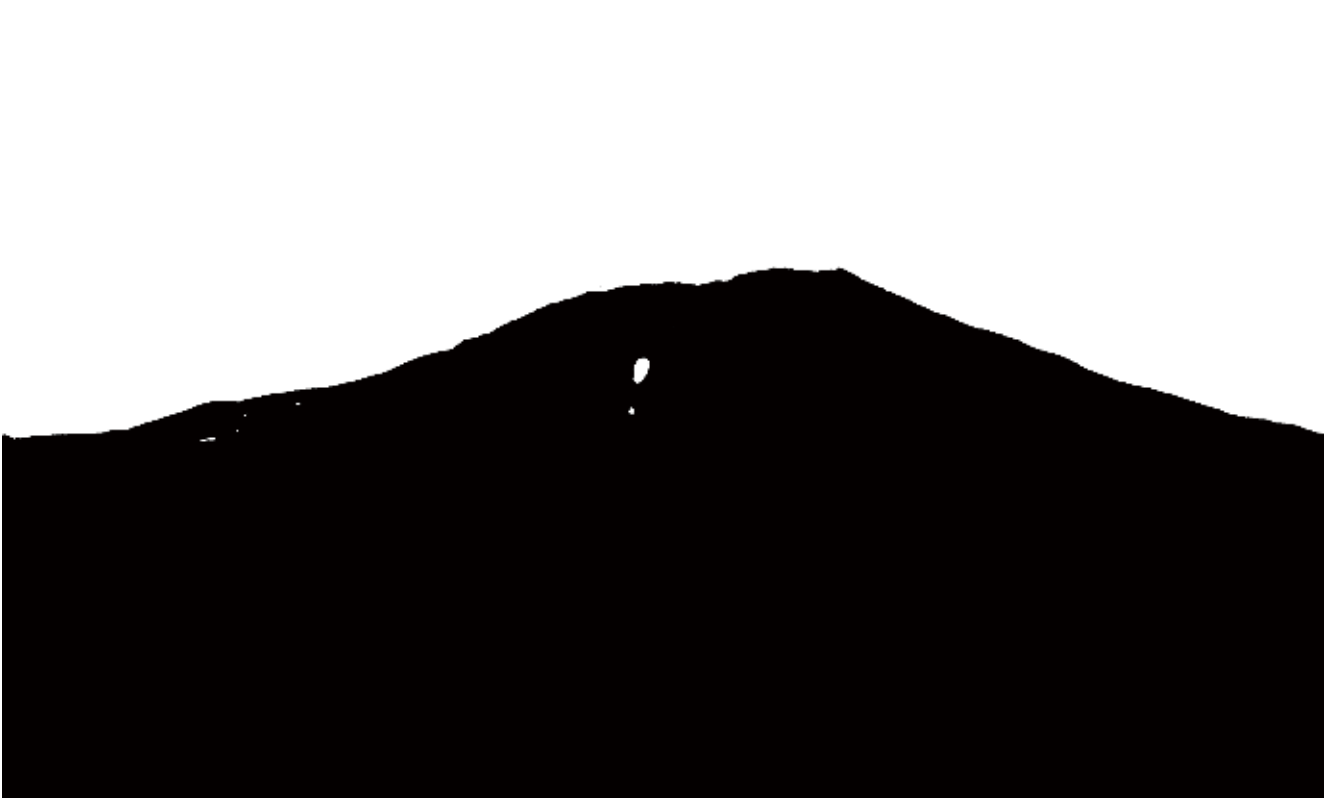
付図 3.24.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像 (2003 年 9 月 16 日)

Fig. A3.24.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 16, 2003.



付図 3.25.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2004 年 5 月 26 日)

Fig. A3.25.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 26, 2004.



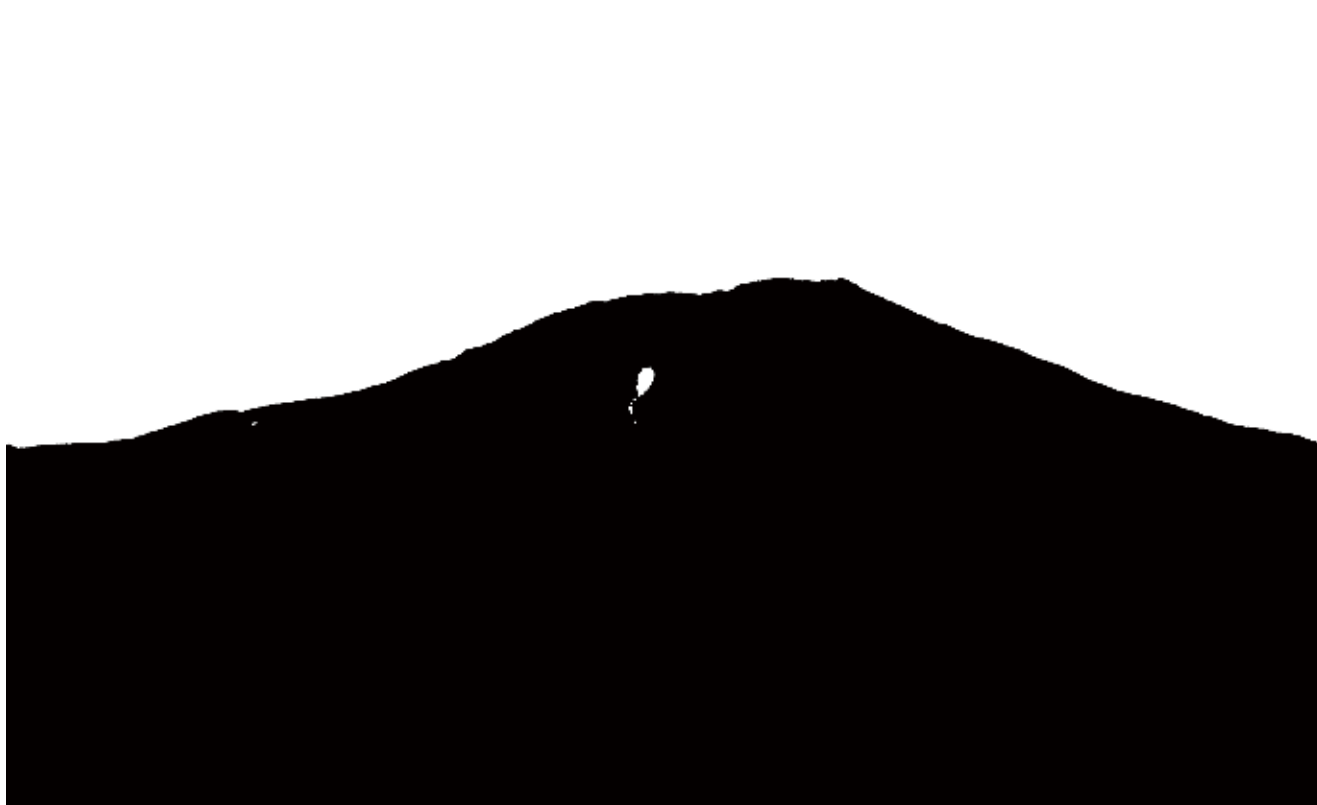
付図 3.25.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2004 年 10 月 5 日)

Fig. A3.25.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 5, 2004.



付図 3.26.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2005 年 5 月 26 日)

Fig. A3.26.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 26, 2005.



付図 3.26.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2005 年 10 月 26 日)

Fig. A3.26.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 26, 2005.



付図 3.27.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2006 年 5 月 9 日)

Fig. A3.27.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 9, 2006.



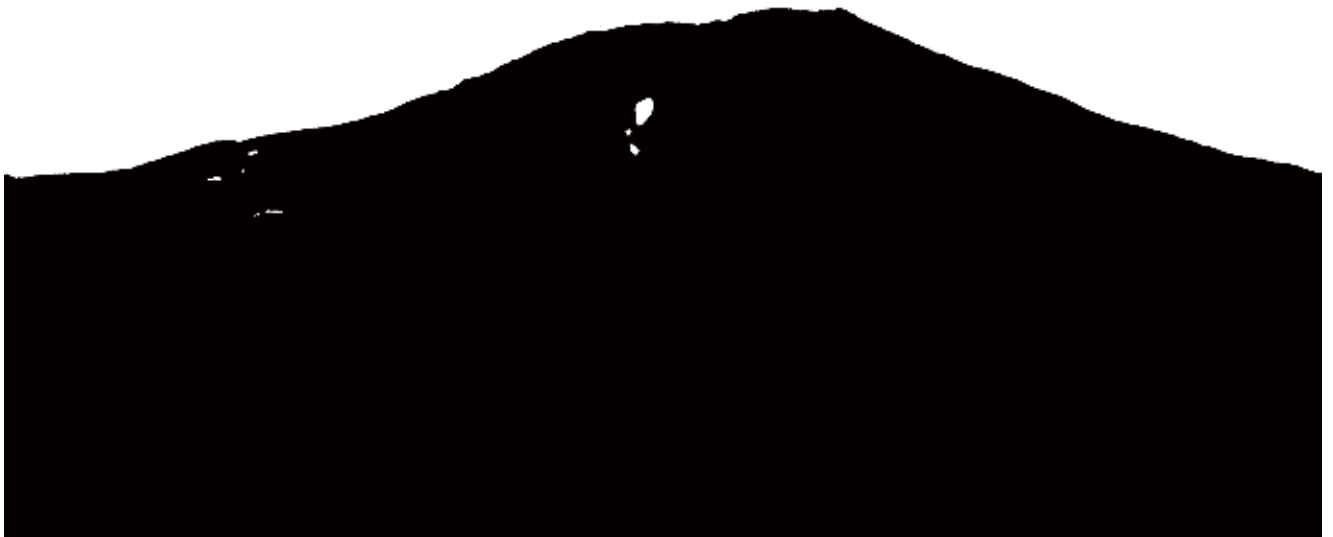
付図 3.27.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2006 年 10 月 18 日)

Fig. A3.27.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 18, 2006.



付図 3.28.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2007 年 6 月 19 日)

Fig. A3.28.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 19, 2007.



付図 3.28.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2007 年 10 月 18 日)

Fig. A3.28.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 18, 2007.



付図 3.29.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2008 年 5 月 12 日)

Fig. A3.29.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 12, 2008.



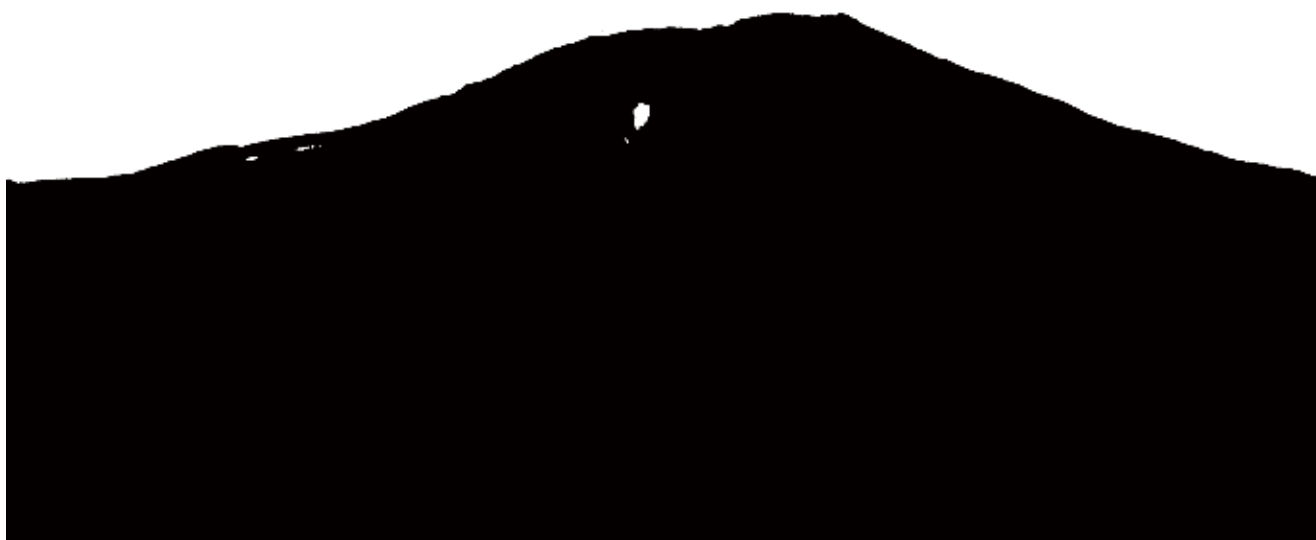
付図 3.29.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2008 年 9 月 30 日)

Fig. A3.29.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on September 30, 2008.



付図 3.30.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2009 年 6 月 12 日)

Fig. A3.30.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 12, 2009.



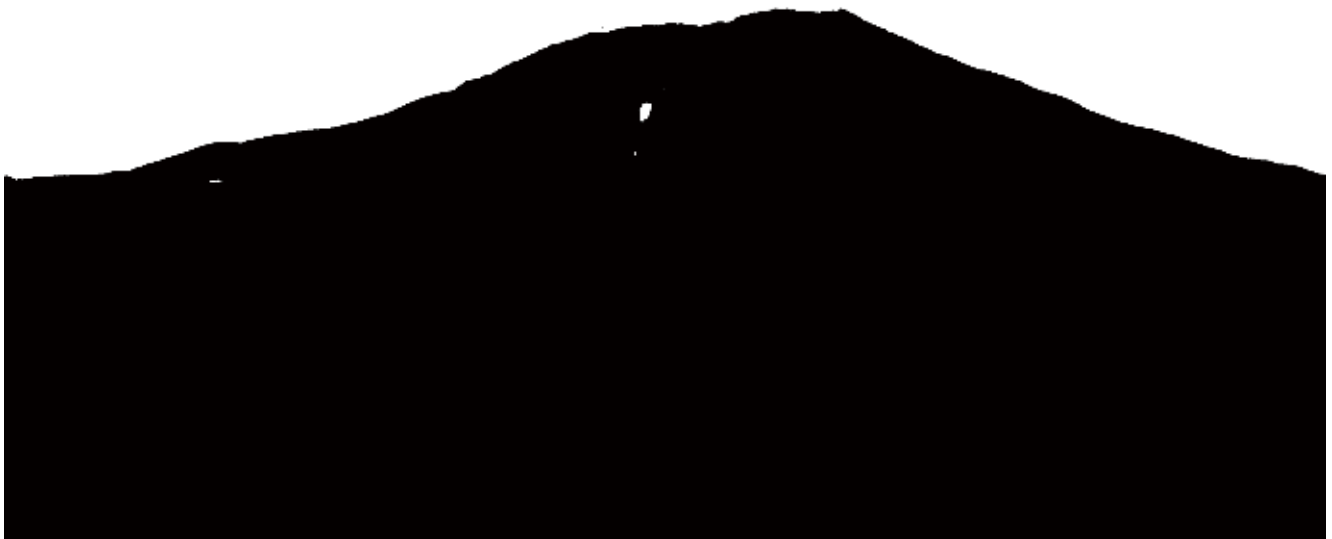
付図 3.30.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2009 年 10 月 23 日)

Fig. A3.30.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 23, 2009.



付図 3.31.1 鳥海山の積雪領域の2値化画像(2010年5月16日)

Fig. A3.31.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 16, 2010.



付図 3.31.2 鳥海山の積雪領域の2値化画像(2010年10月18日)

Fig. A3.31.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 18, 2010.



付図 3.32.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2011 年 5 月 18 日)

Fig. A3.32.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 18, 2011.



付図 3.32.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2011 年 10 月 19 日)

Fig. A3.32.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 19, 2011.



付図 3.33.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2012 年 5 月 14 日)

Fig. A3.33.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 14, 2012.



付図 3.33.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2012 年 10 月 10 日)

Fig. A3.33.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 10, 2012.



付図 3.34.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2013 年 6 月 13 日)

Fig. A3.34.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 13, 2013.



付図 3.34.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2013 年 10 月 19 日)

Fig. A3.34.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 19, 2013.



付図 3.35.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2014 年 6 月 5 日)

Fig. A3.35.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on June 5, 2014.



付図 3.35.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2014 年 10 月 23 日)

Fig. A3.35.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 23, 2014.



付図 3.36.1 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2015 年 5 月 11 日)

Fig. A3.36.1 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on May 11, 2015.



付図 3.36.2 鳥海山の積雪領域の 2 値化画像(2015 年 10 月 16 日)

Fig. A3.36.2 Binarized image of snow cover areas on Mt. Chokai on October 16, 2015.