

AMSR-E を用いたアラスカの融雪の検出

木村しずか、榎本浩之、戸城亮(北見工業大学)、
Kim Yongwon(アラスカ大学)、齋藤佳彦((株)雪研スノーイーターズ)

1. はじめに

衛星データを用いて得られた積雪水文情報は、水利用や災害、気候変動などの研究に役立てることができる。本研究では、近年気温の上昇が顕著である北極圏のアラスカにおける積雪水文情報の抽出及び解析を行った。ここで積雪水文情報として、積雪深と融解時期の変動に着目し、従来の方法を用いた解析を行い、その方法の精度について検証した。

2. 使用したデータ

地球観測衛星 Aqua に搭載されているマイクロ波放射計 AMSR-E によって観測されたマイクロ波の輝度温度データ(1 日2回)を用いて、現地観測データのある2004年7月～2005年5月のアラスカにおける解析を行った。図1は解析を行ったツンドラと北方森林を示したアラスカの地図である。

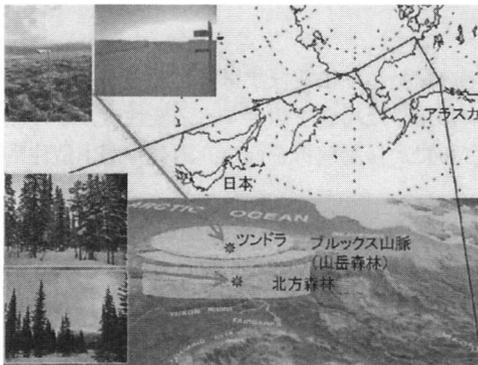


図1. 観測地点を示したアラスカ地図

3. 積雪深算出アルゴリズムと

融雪検出アルゴリズム

本研究では積雪深算出アルゴリズムと融雪検出アルゴリズムの2つの式を用いて解析を行った。図2(a)、図2(b)はそれぞれの式を簡単に表した

ものである。積雪深算出アルゴリズムは、36GHzのマイクロ波放射が積雪によって弱まることを用いた式である。また融雪検出アルゴリズムは、融解時期において、夜は積雪のために地面から放射されるマイクロ波が弱まっているのに対し、昼は雪が解けて積雪内部の水分などによりマイクロ波の放射が強まることを用いた式である。

積雪深算出アルゴリズム

$SD = a \Delta TB [cm]$ (Chang et al., 1987)

SD: 積雪深、 $a = 1.59 [cm/K]$ 、

ΔTB : 18GHz と 36GHz のチャンネルの

輝度温度差(水平偏波)[K]

仮定: 雪の粒子半径 0.3[mm]

雪の密度 300[kg/m³]

空間的に均一な雪原

SD < 100[cm]まで対応

このモデルは合成物のない雪の状況下でよく機能する(平坦な土地、大きな森林被服のない土地、単一層の乾いた雪のときなど)。

融雪検出アルゴリズム

$DAV = \Delta TB [K]$ (Ramage and Isacks, 2002)

DAV: マイクロ波の輝度温度の日較差

(Diurnal Amplitude Variations)

ΔTB : 36GHz のチャンネルの 1:30am と

1:30pm の輝度温度差(垂直偏波)[K]

DAV > 10[K]を融雪とみなす

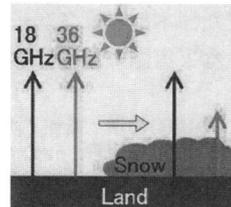


図2(a) 積雪深算出アルゴリズム

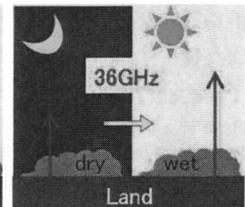


図2(b) 融雪検出アルゴリズム

4. 積雪及び融雪分布の季節変化

積雪深算出アルゴリズムを用いて求めた積雪深と融雪検出アルゴリズムを用いて求めた融雪の季節変化を見た。図3,4はそれぞれアルゴリズムで求めた積雪深と融雪のアラスカにおける分布を表したものである。

図3では10/1には北部ですでに積雪が始まっており、それから徐々に積雪深が増加し、4月下旬から5月にかけて南部から積雪がなくなっていく様子を読み取ることができる。

図4では4/1には南部で部分的に見られた融雪が4/8には顕著に見え始め、日が経つにつれて融雪が北上し、4/29には全域で融雪が起こっている様子を読み取ることができる。

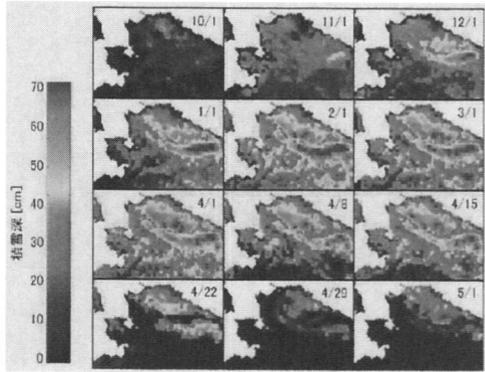


図3. 積雪深算出アルゴリズムから求めた積雪深の季節変化

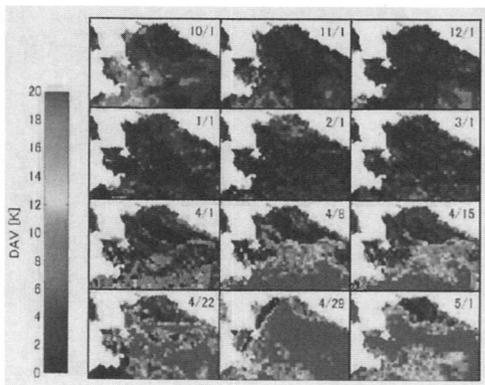


図4. 融雪検出アルゴリズムから求めた融雪の季節変化

5. 現地観測データによる従来の方法の検証

積雪深算出アルゴリズムを用いて求めた積雪深及び融雪検出アルゴリズムを用いて求めた融雪時期を現地観測データと比較した。

図5は積雪深算出アルゴリズムから求めたツンドラと北方森林における積雪深野季節変化を表したものである。ツンドラ、北方森林ともに、9月から10月にかけて積雪が開始し、ツンドラでは約60[cm]、北方森林では約40[cm]まで値が増加する様子を読み取ることができる。4月から5月にかけては、それ以前の値の揺れ方とは大きく異なった揺れ方をしている。この変動は昼夜の融解・再凍結サイクルによるものである。積雪深算出アルゴリズムは乾いた雪など合成物のない雪の状況下でよく機能するため、湿った雪を扱う際には算出した値は積雪深を示さなくなる。このことにより、融雪の検出が可能となる。ここでそれぞれのグラフにアラスカ縦断観測(2005/1/24~27)から得た積雪深の実測値を表示させたところ、積雪深算出アルゴリズムから求めた積雪深は、ツンドラでは30[cm]の過大評価、北方森林では40[cm]の過小評価となっていることがわかった。(ただし現地観測データは、ツンドラ及び北方森林における1地点のみの値である。)

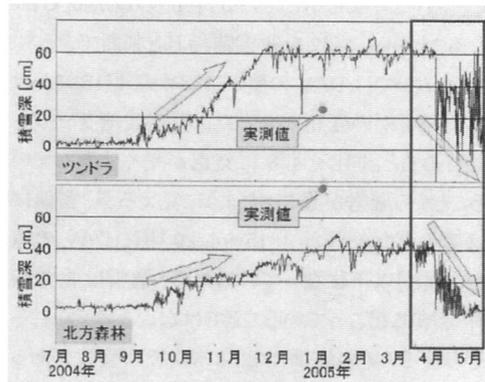


図5. 積雪深算出アルゴリズムから求めたツンドラと北方森林における積雪深の季節変化

図 6 はアラスカ縦断観測データ(2005/1/24~27)と積雪深算出アルゴリズムから求めた積雪深を比較したものである。また図 6 の右上に表示されている図は、観測日付近である 2005/1/25 の積雪深算出アルゴリズムから求めた積雪深のアラスカにおける分布図である。棒グラフが実測値、折れ線グラフが推定値を示している。この図を見ると積雪深の推定値は実測値を、北方森林から南では過小評価、北では過大評価していることがわかる。(ただし、それぞれの観測地点の緯度経度を元に、アルゴリズムに用いる輝度温度データを求めており、観測地点 1 地点に対して 1 つのデータを使っている。)

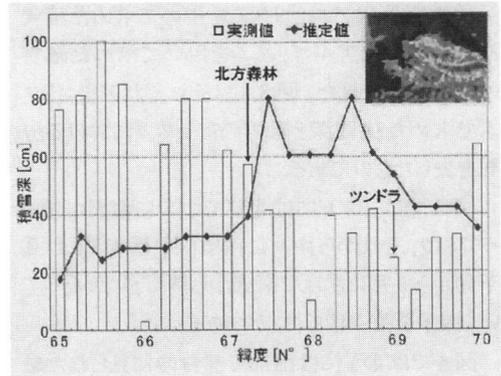
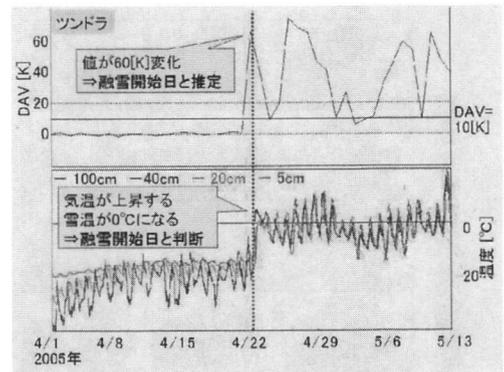


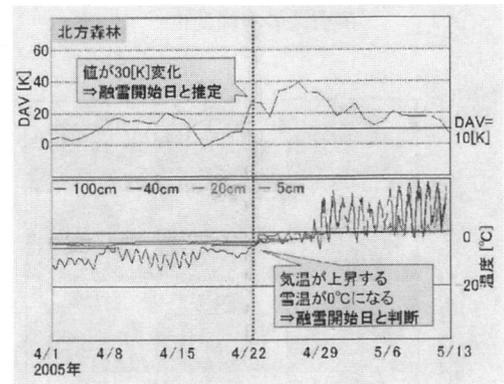
図 6. 積雪深の比較
(2005/1/24~27 アラスカ縦断観測データ)

図 7(a), 図 7(b)はそれぞれツンドラと北方森林における融雪検出アルゴリズムから求めた DAV と現地観測データを比較したものである。ここでの現地観測データは、地表面から 5[cm], 20[cm], 40[cm], 100[cm]の温度を記録したもので、積雪がある場合には、気温ではなく雪温として値を扱うことができる。



(a)

図 7(a)では DAV の値が 2005/4/22 に 60[K] の変化があり、このことから 4/22 を融雪開始日と推定した。そして現地観測データを見ると、同じく 4/22 に気温を示している 100[cm]の値が上昇しており、雪温を示している 5[cm]の値が 0[°C]になることから、4/22 を融雪開始日と判断できる。



(b)

図 7(b)では DAV の値が 4/8 から 4/15 にかけて約 20[K]の変化があった。現地観測データを見てみると、同じく 4/8 に気温がやや上昇していることから融雪が起こったように見えるが、雪温には変化がなく、また 4/15~4/20 頃に DAV の値が 10[K]以下になっているため、融雪は北方森林全域に起こっていることではないと考えられる。その後 DAV の値は 4/22 に 30[K]の変化があった。このことから 4/22 を融雪開始日と推定した。そして現地観測データを見ると、同じく 4/22 に気温が上昇しており、雪温が 0[°C]になることから、本格的に融雪が開始したのは 4/22 であると判断できる。

図 7. (a)ツンドラ及び(b)北方森林における融雪検出アルゴリズムから求めた DAV と現地観測データの比較

6. まとめ

- ・ 融雪の広域分布図を示すことにより、季節変化を見ることができ、融雪が北上する様子を捉えることができた。
- ・ 現地観測データとの比較では、積雪深算出アルゴリズムを用いて求めた積雪深にはずれがあり、ツンドラでは過大評価、北方森林では過小評価となった。
- ・ ツンドラ及び北方森林において、DAV は融雪開始の指標として適していることがわかった。そして現地観測データから融雪開始日を求めた結果、融雪開始指標はツンドラ、北方森林でもによく一致していた。
- ・ 従来は $DAV > 10$ [K]が融雪と見なされていたが、現地観測データとの比較により、森林域では 10 [K]よりも高い値が融雪の閾値となるのではないかと考えられる。

謝辞

使用した衛星データについては、宇宙研究開発機構(JAXA)から AMSR-E データを提供していただきました。

参考文献

- Chang, A.T.C. and R. Kelly, 1998: Description of snow depth retrieval algorithm for ADEOS II AMSR. *Annals of Glaciology* 9, 39-44
- Ramage, J.M. and B.L. Isacks, 2002: Determination of melt-onset and refreeze timing on southeast Alaskan icefields using SSM/I diurnal amplitude variations. *Annals of Glaciology* 34, 391-398